(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(10) **DE 43 35 925 A 1**

(51) Int. Cl.[6]:
G 06 F 7/548

(21) Aktenzeichen: P 43 35 925.6
(22) Anmeldetag: 21. 10. 93
(43) Offenlegungstag: 27. 4. 95

DE 43 35 925 A 1

(71) Anmelder:
ANT Nachrichtentechnik GmbH, 71522 Backnang, DE

(72) Erfinder:
Göckler, Heinz, Dr., 71522 Backnang, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Schaltungsanordnung zur Signalverarbeitung nach dem CORDIC-Verfahren

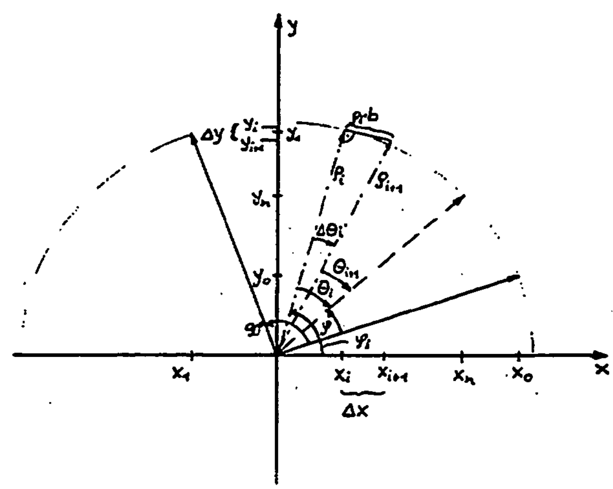
(57) Es soll eine Schaltungsanordnung angegeben werden, welche eine möglichst schnelle Konvergenz des Iterationsprozesses und eine hohe Genauigkeit gewährleistet.
Die Anordnung weist Schaltungsmittel auf, die einen Signalvektor mit den Koordinaten x_0 und y_0 in n Iterationsschritten um einen Winkel drehen, wobei nach einer ersten Drehung des Signalvektors um ± 90° die Schaltungsmittel in jedem i-ten Iterationsschritt die Koordinaten x_{i+1}, y_{i+1} und den Drehwinkel Θ_{i+1} nach den Vorschriften:

$$x_{i+1} = x_i - a_i y_i b_i$$
$$y_{i+1} = y_i + a_i x_i b_i$$
$$\Theta_{i+1} = \Theta_i - a_i \arctan b_i$$

berechnen, wobei gilt:

$a_i = -1$ für $y_i \geq 0$
$a_i = +1$ für $y_i < 0$

Die Werte b_i erfüllen die Vorschrift
$b_i = \tan(90° 2^{-i})$.



DE 43 35 925 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Signalverarbeitung nach dem CORDIC-Verfahren gemäß den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

Das bekannte CORDIC-Verfahren (Coordinate Rotation Digital Computer) ist z. B. in dem Lehrbuch "Meßtechnik in der seriellen digitalen Signalverarbeitung", M. Büttner, B. Eckhardt, G. Oetken, Erlangen 1976, S. 68—79 beschrieben. Das CORDIC-Verfahren ermöglicht es, mit sehr geringem Schaltungsaufwand Polarkoordinaten eines Signalvektors in kartesische Koordinaten und umgekehrt umzuwandeln. Ebenso können damit aus der Amplitude und der Phase eines Signals Realteil und Imaginärteil bestimmt werden. Das CORDIC-Verfahren arbeitet iterativ und erfordert an arithmetischen Operationen nur einfaches binäres Schieben und Addieren. Die Genauigkeit hängt von der Anzahl der Iterationsschritte und der verwendeten Signalwortlänge ab.

Bei dem aus der obengenannten Literaturstelle hervorgehenden CORDIC-Verfahren werden ein dem Iterationsprozeß Drehwinkelschritte $\Delta \Theta_i$ verwendet, die sich aus der Rechenvorschrift

$$\Delta \Theta_i = a_i \arctan 2^{1-i}$$

ergeben, wobei i die Nummer des jeweiligen Iterationsschritts und a_i die Drehrichtung angibt. Der Iterationsprozeß konvergiert mit diesem Drehwinkelkrement nicht sehr schnell bzw. liefert nur bei einer relativ großen Zahl von Iterationsschritten ein sehr genaues Ergebnis.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Schaltungsanordnung der eingangs genannten Art anzugeben, die einen Iterationsprozeß mit möglichst schneller Konvergenz durchführt bzw. mit möglichst wenig Iterationsschritten ein sehr genaues Ergebnis liefert.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Merkmale des Anspruches 1 gelöst. Zweckmäßige Anführungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Anhand eines in der Zeichnung dargestellten Zeigerdiagramms wird nun die Erfindung näher erläutert.

Ein Signalvektor mit den kartesichen Koordinaten x_0, y_0 soll um den Winkel φ gedreht werden. Dazu dreht die den CORDIC-Prozeß ausführende Schaltungsanordnung den Signalvektor (x_0, y_0) zunächst um + oder − 90°. Der gedrehte Vektor hat dann die Koordinaten $x_1 = \pm y_0$ und $y_1 = \pm x_0$. In n nachfolgenden Iterationsschritten erfolgt dann eine Drehung des Vektors (x_1, y_1) soweit bis er in möglichst guter Annäherung die gewünschten Koordinaten x_n, y_n hat, welche der Drehung des Ursprungsvektors (x_0, y_0) um den Winkel φ entsprechen. Welche relativ einfachen Rechenoperationen der CORDIC Prozessor in jedem Iterationsschritt durchzuführen hat, geht aus der folgenden Herleitung der Iterationsgleichungen hervor. In einem (i−1)-ten Iterationsschritt wird ein Vektor mit den Koordinaten x_i, y_i und der Länge φ_i um einen Winkel $\Delta \Theta_i$ gedreht.

Aus dieser Drehung entsteht ein neuer Vektor mit den Koordinaten x_{i+1}, y_{i+1} und der Länge φ_{i+1}.

Die Länge φ_{i+1} dieses Vektor berechnet sich aus der Länge φ_i des vorherigen Vektors und einer vorgegebenen Tangente der Länge $\varphi_i \cdot b_i$:

$$\rho_{i+1} = \sqrt{1 + b_i^2}\ \rho_i = K_i \cdot \rho_i \qquad (1)$$

Es gilt weiter

$$\Delta y = \rho_i b_i \cos \varphi_i = \rho_i b_i \frac{x_i}{\rho_i} = x_i b_i \qquad (2)$$

$$\Delta x = \rho_i b_i \sin \varphi_i = \rho_i b_i \frac{y_i}{\rho_i} = y_i b_i \qquad (3)$$

Aus (2) und (3) folgen:

$$x_{i+1} = x_i - a_i y_i b_i \qquad (4)$$

$$y_{i+1} = y_i + a_i x_i b_i \qquad (5)$$

wobei gilt:

$a_i = -1$ für $y_i \geq 0$
$a_i = +1$ für $y_i < 0$

Außerdem gilt für die Drehwinkel:

$$\Theta_{i+1} = \Theta_i - a_i \Delta \Theta_i \qquad (6)$$

Das Winkelinkrement wird festgelegt auf:

$\Delta \Theta_i = 90° \cdot 2^{-}$, (7)

woraus sich für b_i ergibt:

$$\frac{\rho_i b_i}{\rho_i} = \tan \Delta \Theta_i$$

$$b_i = \tan (90 \cdot 2^{-i}) \qquad (8)$$

In (1) ist mit

$$K_i = \sqrt{1 + b_i^2}$$

ein Korrekturwert gegeben, der die Vergrößerung des Betrages eines Vektors nach einem Rotationsschritt gegenüber dem vorherigen Vektor beschreibt.

Die Betragsvergrößerung des resultierenden Vektors nach n Iterationsschritten ist dann:

$$K = \prod_{i=1}^{n-1} \sqrt{1 + b_i^2}$$

Um den unverfälschten Betrag des resultierenden Vektors zu erhalten, bildet ein Multiplizierer das Produkt aus der Länge

$$\rho_n = \sqrt{x_2^2 + y_n^2}$$

des Vektors und dem Kehrwert 1/K des Korrekturwerts.

Die aus (8) hervorgehenden Werte b_i und die Winkelinkremente $\Delta \Theta_i$ gemäß (7) wie sie aus der untenstehenden Tabelle hervorgehen, können in einem Speicher abgelegt werden, so daß der Prozessor in jedem Iterationsschritt i auf die zugehörigen Werte b_i und $\Delta \Theta_i$ zugreifen kann.

i	bi	$\Delta \Theta_i$
1	1	45°
2	0,4142	22,5°
3	0,1989	11,25°
4	0,09849	5,625°
5	0,04913	2,8125°
6	0,02455	1,40625°
7	0,01227	0,703125°

Gegenüber dem im Stand der Technik (s. einleitend genannte Literatur) verwendeten Winkelinkrement führt das gemäß (7) verwendete Winkelinkrement zu einer erheblich schnelleren Konvergenz des Iterationsprozesses bzw. bei gleicher Zahl der Iterationsschritte zu einer höheren Genauigkeit.

Ein weiterer Effekt des hier verwendeten Winkelinkrements ist, daß die Veränderung K der Vektorlänge während des Iterationsprozesses geringer ist als beim Stand der Technik.

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur Signalverarbeitung nach dem CORDIC-Verfahren, welche Schaltungsmittel enthält, die einen Signalvektor mit den Koordinaten x_0 und y_0 in n Iterationsschritten um einen Winkel drehen, wobei nach einer ersten Drehung des Signalvektors um ± 90° die Schaltungsmittel in jedem i-ten Iterationsschritt die Koordinaten x_{i+1}, y_{i+1} und den Drehwinkel Θ_{i+1} nach den Vorschriften:
$x_{i+1} = x_i - a_i y_i b_i$
$y_{i+1} = y_i + a_i x_i b_i$
$\Theta_{i+1} = \Theta_i - a_i \arctan b_i$
berechnen, wobei gilt:
$a_i = -1$ für $y_i \geq 0$

$a_i = +1$ für $y_i < 0$
dadurch gekennzeichnet, daß die Werte b_i der Vorschrift
$b_i = \tan(90° 2^{-i})$
genügen.
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Werte b_i in einem Speicher abgelegt sind.
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Prozessor während der Iteration einen Korrekturwert

$$K = \prod_{i=1}^{n-1} \sqrt{1 + b_i^2}$$

berechnet und daß ein Multiplizierer das Produkt aus dem Betrag des um den gewünschten Winkel gedrehten Signalvektors und dem Kehrwert 1/K des Korrekturwertes bildet.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Nummer: DE 43 35 925 A1
Int. Cl.[6]: G 06 F 7/548
Offenlegungstag: 27. April 1995